

携行型毛細血管再充満時間計測装置の開発

篠崎 真良¹, 中口 俊哉², 中田 孝明³

1. 産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 生活機能ロボティクス研究チーム 3. 千葉大学大学院 医学研究院 救急集中治療医学
2. 千葉大学 フロンティア医工学センター

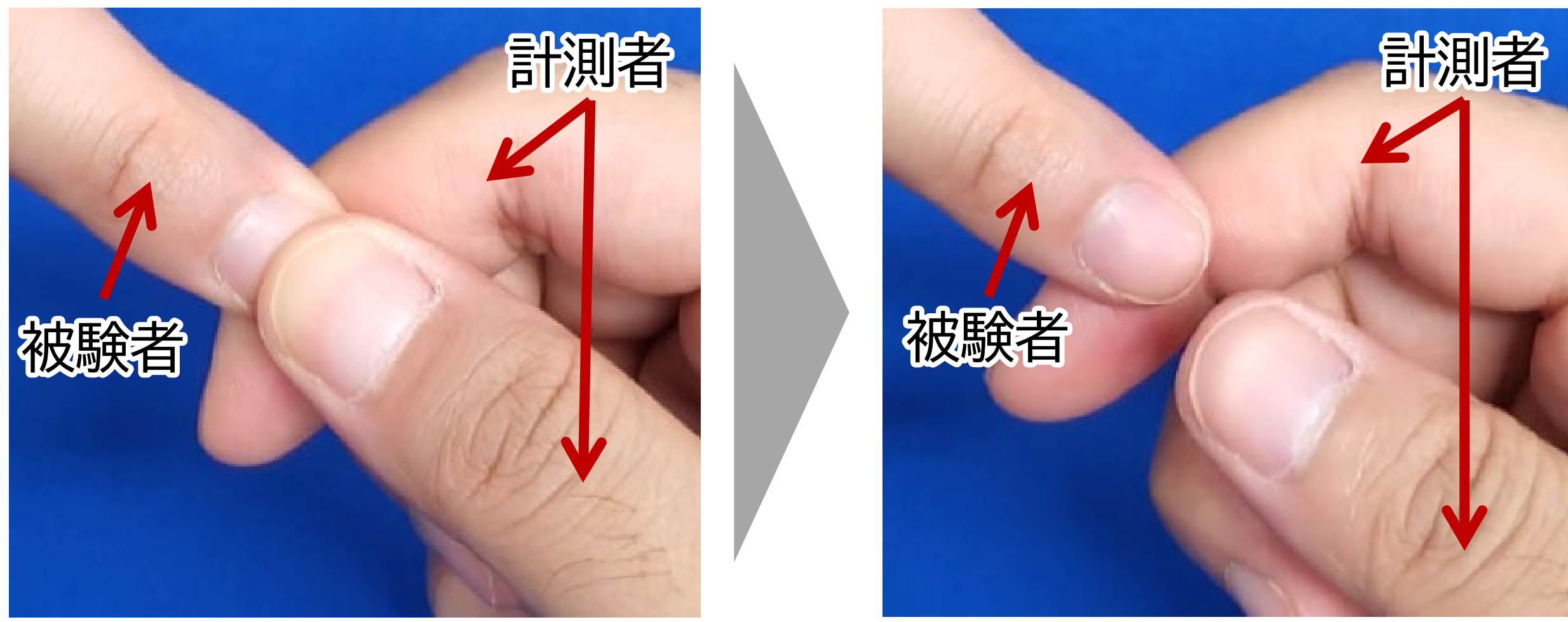
連絡先: shinozaki.masayoshi@aist.go.jp

① 毛細血管再充満時間(CRT)とは？

敗血症性ショック, 脱水の簡便な評価指標で主に救急医療で使用される。

CRTの定義

手の爪を数秒間圧迫し, 解放後に血液が指先に再充満する時間



目視によるCRT計測

CRTの課題

国際的に計測方法の指針がなく定性的に計測される。

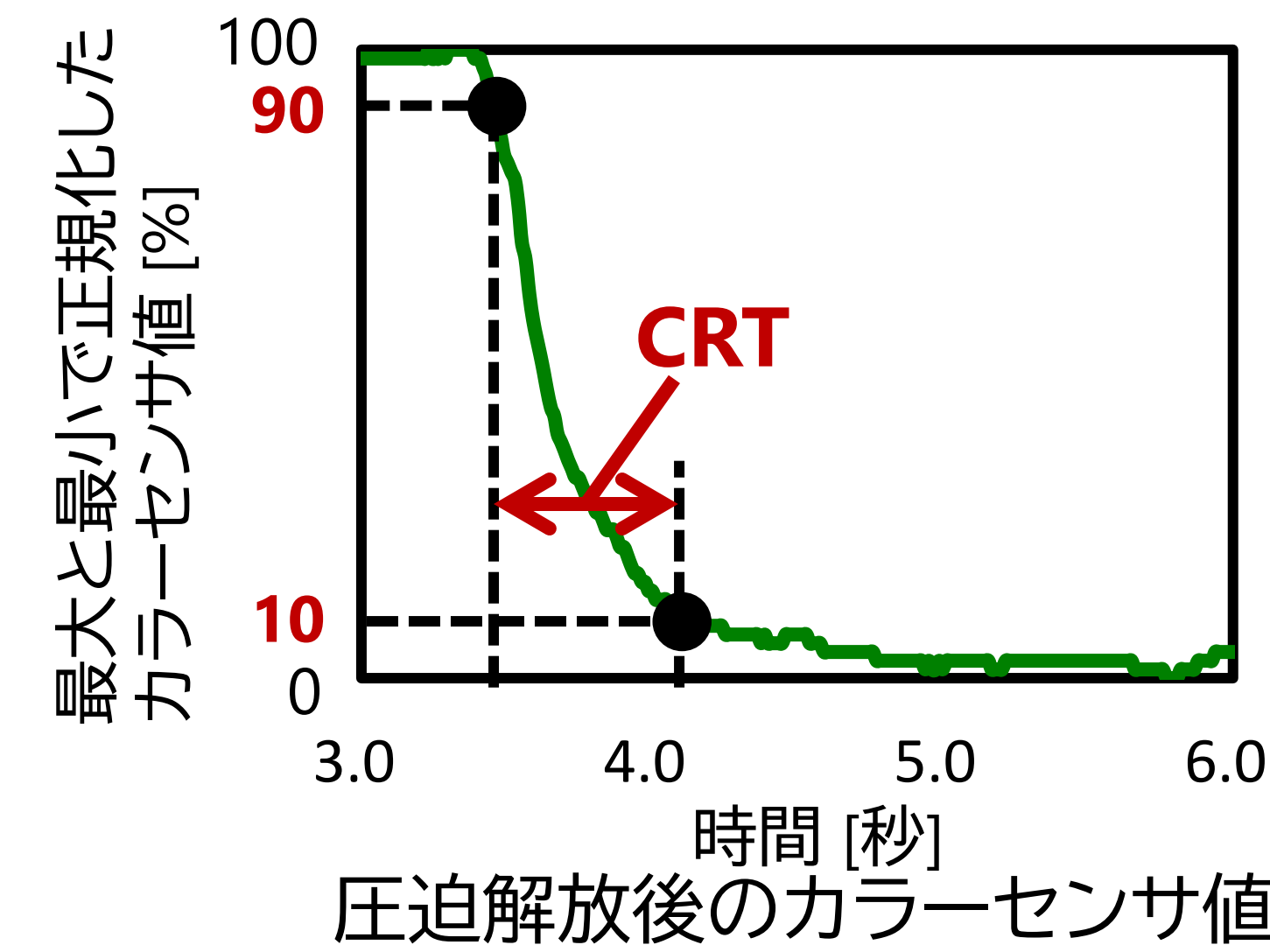
CRTの臨床研究における計測条件の一例

著者所属国	発行年	部位	圧迫力	圧迫時間	閾値
Chile	2019	人差し指	強く	10秒	3秒以上
Argentina	2014	薬指	強く	5秒	—
Japan	2012	中指	—	5秒	2秒以上
Austria	2016	人差し指	弱く	—	—
Netherlands	2014	人差し指	強く	15秒	5秒以上

② CRT計測における最適計測条件

本研究におけるCRTを定義し, 最適計測条件を実験的に決定した。

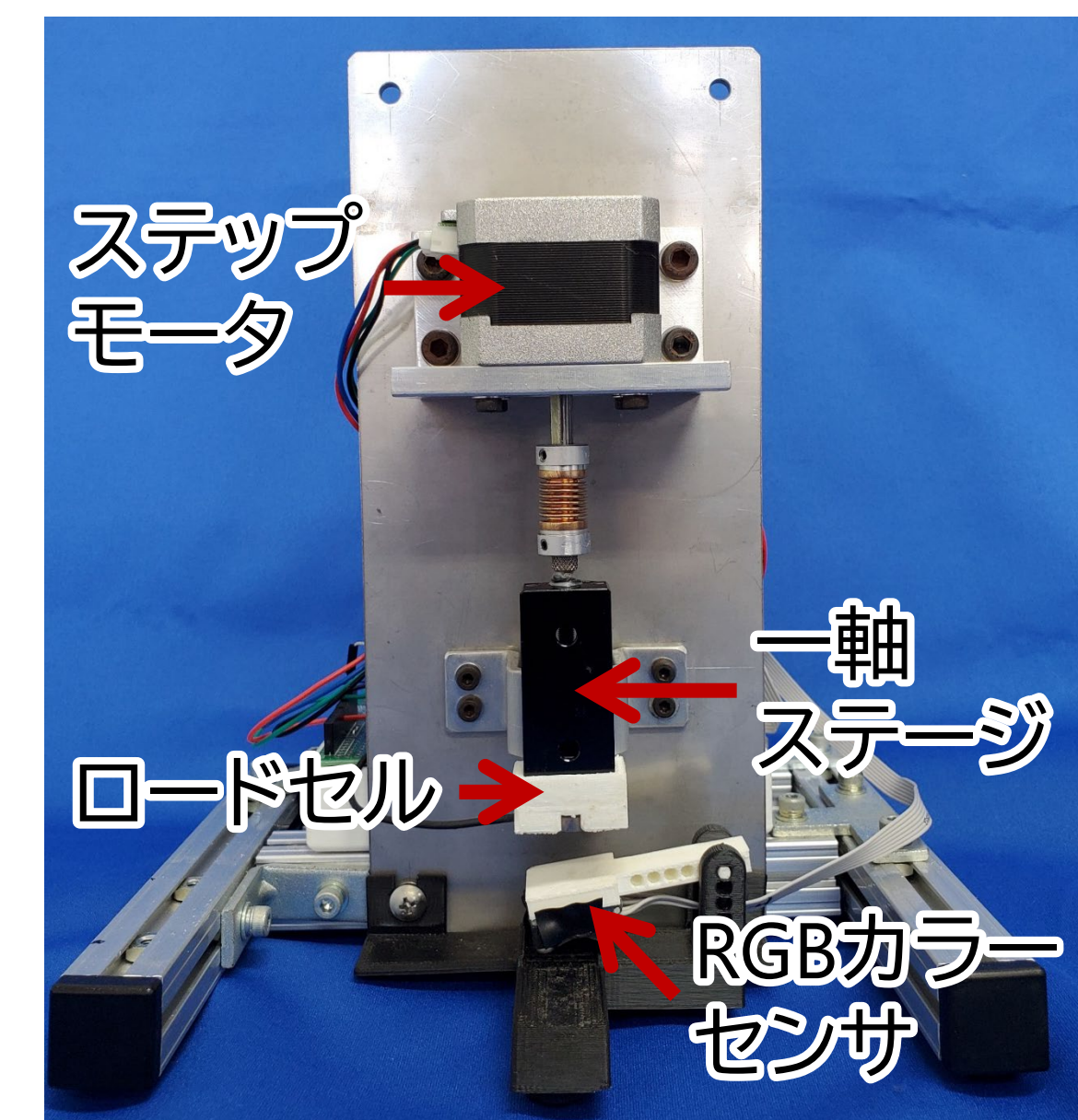
本研究におけるCRTの定義



- 圧迫解放後のカラーセンサ値を最大値と最小値で正規化した。
- 正規化したカラーセンサ値の10% - 90%時間をCRTとした。

Note: 瞳孔対光反応の測定手法を基に定義 [史ら, 医用電子と生体工学, 2001]

CRT計測における最適な圧迫力と時間



圧迫標準化計測装置

独自に開発した圧迫標準化計測装置を用いて健康者31名を対象に計測実験した。

計測条件		
圧迫力 [N]	圧迫時間 [秒]	繰返し計測数
1, 3, 5, 7	1, 2, 3, 4, 5, 6	5

被験者の内訳(計31名)

性別		年代					
男	女	20	30	40	50	60	70
14	17	7	5	7	7	3	2

5N ± 2Nの圧迫力で3秒以上の圧迫がCRT計測に最適とした。

③ 携行型CRT計測装置の開発

携行型CRT計測装置を開発し, 目視による計測と比較した。



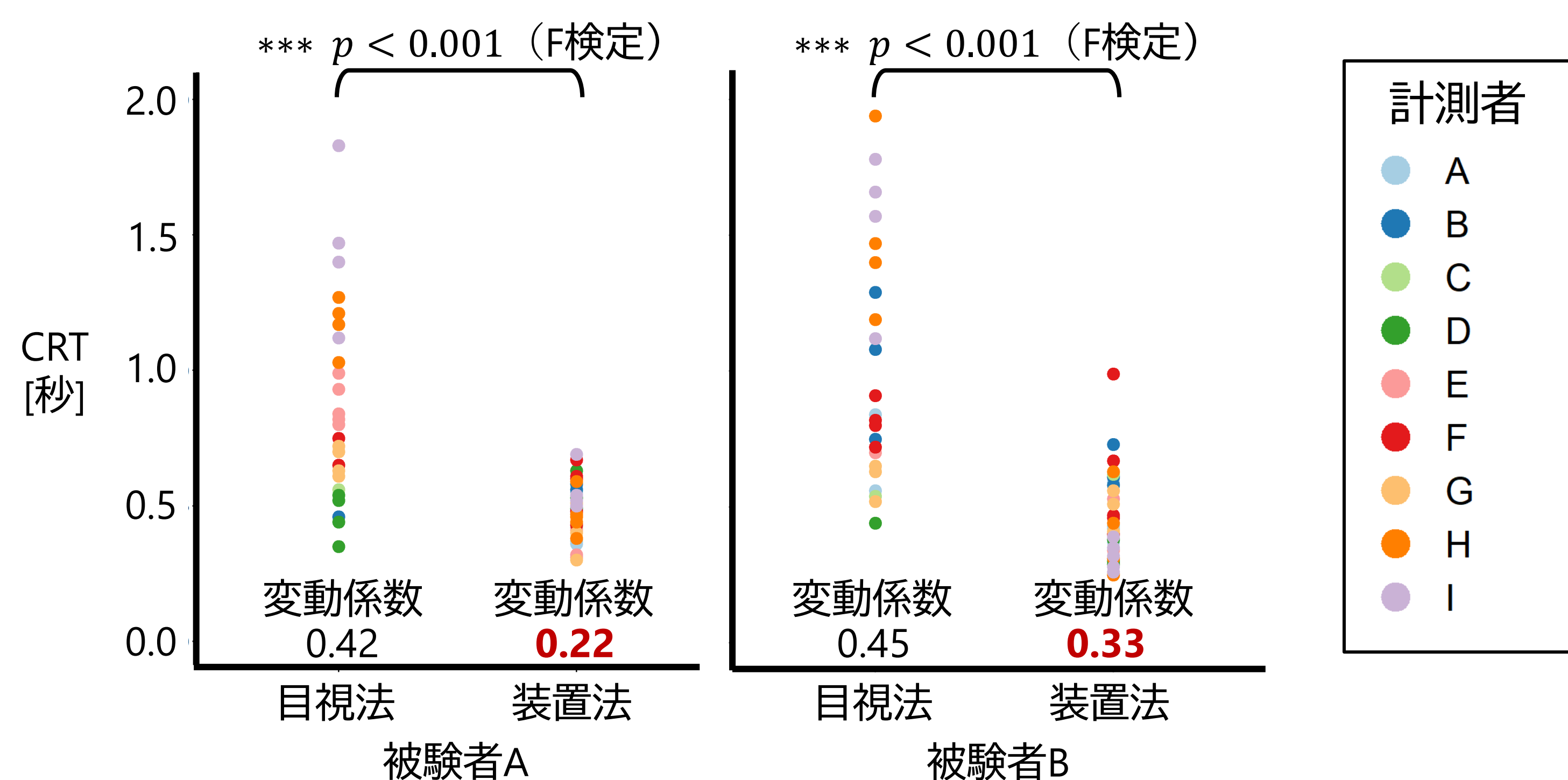
装置を用いたCRT計測の様子

特徴

- 寸法: 83×29×50mm
- 重量: 65.6g
- 電源: 充電電池
- 圧迫を常に最適計測条件(5N ± 2Nで3秒以上の圧迫)に誘導する。
- 皮膚色変化を自動計測する。

CRTの計測安定性の評価実験

被験者 健康者 2名 計測者 非医療従事者 9名 繰返し計測数 5回



計測装置は目視法と比較して繰返し計測の再現性を高めた。

④ 末梢循環不全の閾値の探索

携行型CRT計測装置における末梢循環不全の閾値を実験的に探索した。

健康成人の末梢循環不全の閾値の探索実験

被験者 健康者 14名 (男性: 8名, 女性: 6名)

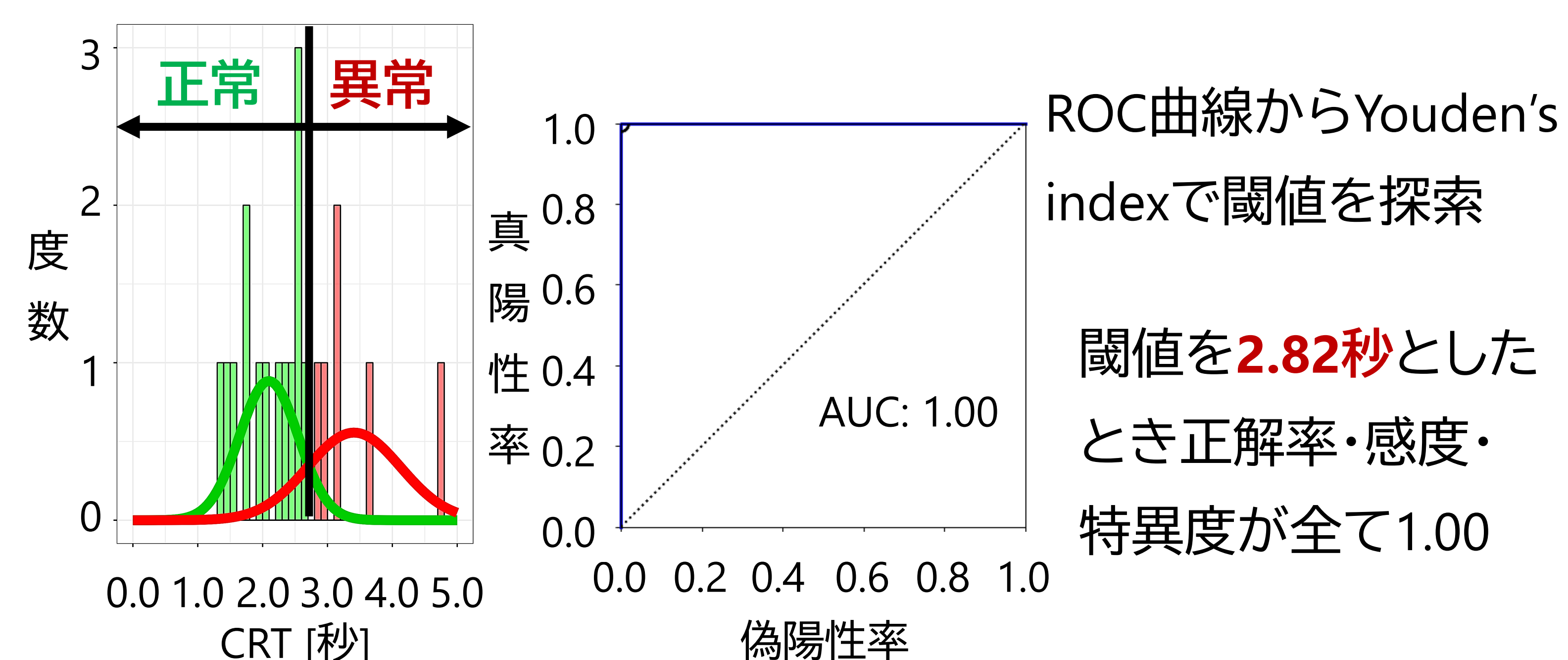
動静脈の閉塞方法

- 動脈閉塞(AOT) 最高血圧 + 30mmHg
- 静脈閉塞(VOT) 60mmHg
- 無閉塞(No_OT)

⇒ 各閉塞は2分間実施



計測の様子



CRTが2.8秒を超えた場合, 末梢循環不全の疑いがある。

公表済み原著論文および特許

- [1] Kawaguchi R, Nakada TA, Oshima T, Shinozaki M, Nakaguchi T, Haneishi H, Oda S: Optimal pressing strength and time for capillary refilling time. Crit Care 23(1), 4, 2019.
- [2] Shinozaki M, Nakada TA, Kawaguchi R, Yoshimura Y, Nakaguchi T, Haneishi H, Oda S: Feedback function for capillary refilling time measurement device. Crit Care 23(1), 295, 2019.
- [3] Shinozaki M, Shimizu R, Saito D, Nakada T, Nakaguchi T: Portable measurement device to quantitatively measure capillary refilling time. Artif Life Robot. 27, 48-57, 2022.
- [4] Saito D, Nakada TA, Imaeda T, Takahashi N, Shinozaki M, Shimizu R, Nakaguchi T: Impact of posture on capillary refilling time. Am J Emerg Med. 56, 378-9, 2022.
- [5] Kawaguchi R, Nakada TA, Hattori N, Tomita K, Saito D, Shinozaki M, Nakaguchi T: Intravascular fluid also affects results: No prolongation of capillary refill time by removal of excessive fluids by hemodialysis. Am J Emerg Med. 60, 187-188, 2022.
- [6] Shinozaki M, Nakada TA, Saito D, Tomita K, Nomura Y, Nakaguchi T: Cut-Off Value of Capillary Refill Time for Peripheral Circulatory Failure Diagnosis. Prehosp Disaster Med. 38(3), 319-325, 2023.